

УДК (574+502.7)

***О. М. ГЕТМАНЕЦ**, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Н. М. ПЕЛИХАТЫЙ, д-р физ.-мат. наук, проф., ***А. А. ДРОЗДОВ**,
В. Ю. НЕКОС, д-р геогр. наук, проф., **К. І. КУЧЕРОВ**, канд. техн. наук

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина,

**Харьковская государственная зооветеринарная академия*

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Предложен алгоритм обработки и анализа данных 3d радиационного мониторинга местности в режиме реального времени, основанный на нелинейных регрессионных моделях фонового поля. На его основе выполнены построения поверхностей уровня поля радиации и картографическая привязка этого поля к реальной местности. Проанализирована точность метода.

Ключевые слова: радиоэкология, мониторинг, реальное время, алгоритм.

Запропонований алгоритм обробки і аналізу даних 3d радіаційного моніторингу місцевості в режимі реального часу, заснований на нелінійних регресійних моделях фонового поля. На його основі виконані побудови поверхонь рівня поля радіації і картографічна прив'язка цього поля до реальної місцевості. Проаналізована точність методу.

Ключові слова: радіоекологія, моніторинг, реальний час, алгоритм.

The algorithm of treatment and data analysis of the 3d radiation monitoring of locality in the real-time mode, based on the nonlinear regressive models of the background field, has been done. On his basis constructions of surfaces of the field of radiation levels and cartographic attachment of this field to the real locality has been executed. Exactness of method has been analysed.

Keywords: radyoekology, monitoring, real time, algorithm.

Радиационный мониторинг местности представляет собой систему непрерывного слежения за временной и пространственной динамикой изменения радиационного фона в фиксированных точках (объектах) наблюдения или на отдельных контролируемых территориях. Существующие современные сенсорные датчики мощности экспозиционной дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучения позволяют проводить данные измерения практически непрерывно в режиме реального времени [1].

При этом возникает целый ряд проблем, связанных с непрерывным сбором, классификацией и интерпретацией полученных данных [2]. В предыдущей работе авторов [3] был предложен алгоритм проведения непрерывного радиационного мониторинга местности, основанный на построении регрессионной модели поля ионизирующего излучения на основе данных, получаемых с сенсорных датчиков, расположенных в определенных точках контролируемой территории. Однако данный подход не учиты-

вал реальный рельеф местности, а также распределение поля излучения по высоте.

Целью настоящей работы является построений трехмерной (3d) модели поля ионизирующего излучения над контролируемой территорией на основе данных с датчиков, расположенных в пространственных точках на (или над) этой территорией, картографическая привязка поля мощности экспозиционной дозы к местности, а также экстраполяция данных мониторинга за границы контролируемой зоны.

Предположим, что имеется n сенсорных датчиков мощности дозы ионизирующего излучения, расположенных в определенных точках контролируемой зоны и, возможно, над ее поверхностью – на вышках, шарах-зондах и т.д. Пусть каждый датчик имеет трехмерные координаты: x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, n$), где z_i – высота над уровнем моря. Допустим, что в определенный момент времени датчики имеют следующие показания: $P_i(x_i, y_i, z_i)$, где P_i – мощность экспозиционной дозы. На основе этих данных будем

строить регрессионную модель поля излучения 2-го порядка по координатам:

$$P = ax^2 + by^2 + cz^2 + dxy + exz + fyz + gx + hy + kz + l, \quad (1)$$

где: P – мощность дозы; $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l$ – параметры регрессии; x, y, z – координаты произвольной точки над (или на) контролируемой территорией (территории). Параметры регрессии могут быть быстро (за доли секунды) определены методом наименьших квадратов (этот алгоритм заложен во многие вычислительные программы). При этом, как было показано в работе

[3], число датчиков n должно быть не менее $\frac{4}{3}$ от числа параметров m применяемой мо-

дели: $n \geq \frac{4}{3}m$. Для модели (1) число параметров $m=10$, поэтому число датчиков должно быть не менее 14-ти.

Уравнение (1) для поля излучения позволяет легко определить его градиент и определить основные направления возрастания или убывания радиационного фона, т.е. локализовать положение источника внутри контролируемой территории либо указать направление на источник за ее границами.

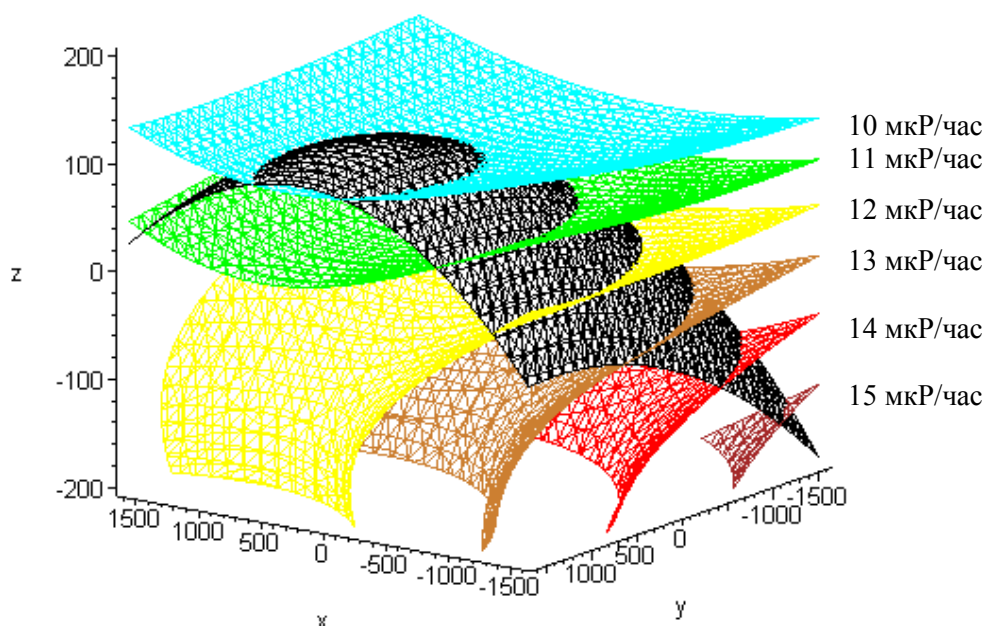


Рисунок – Поверхности уровня мощности экспозиционной дозы

В качестве примера рассмотрим территорию в виде квадрата размером 9 км^2 , на (и над) которой расположено 16 сенсорных датчиков мощности экспозиционной дозы ионизирующего излучения, которые в определенный момент времени имеют следующие показания в единицах мкР/час: 11(1500, 1500, 50); 11(1500, 500, 50); 12(1500, -500, 0); 13(1500, -1500, 0); 10(500, 1500, 100); 9(500, 500, 150); 10(500, -500, 100); 12(500, -1500, 0); 11(-500, 1500, 50); 10(-500, 500, 100); 11(-500, -500, 50); 13(-1500, 1500, 0); 13(-1500, 500, -50); 14(-1500, -500, -100); 15(-1500, -1500, -100). Здесь в скобках указаны координаты датчиков в метрах: x и y – относительно центра зоны, z – над уровнем моря. На основании этих дан-

ных практически мгновенно было получено следующее уравнение регрессии:

$$P = 0,26 \cdot 10^{-6} x^2 + 0,57 \cdot 10^{-7} y^2 - 27,48 \cdot 10^{-5} z^2 - 0,11 \cdot 10^{-6} xy + 0,145 \cdot 10^{-5} xz + 0,293 \cdot 10^{-5} yz - 0,000137 x - 0,000304 y - 0,013597 z + 11,52 \quad (2)$$

Для визуализации полученных результатов и картографической привязки их к реальной территории на рисунке показаны поверхности уровней мощности экспозиционной дозы от 10 до 15 мкР/час, а также черным цветом поверхность контролируемой территории.

Для оценки качества полученного уравнения регрессии (2) был вычислен коэффициент детерминации R^2 по формуле:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{16} (\tilde{P}_i - \bar{P})^2}{\sum_{i=1}^{16} (P_i - \bar{P})^2}, \quad (3)$$

где \tilde{P}_i – значения мощности дозы, предсказываемые уравнением регрессии (2);

P_i – измеренные значения в каждой точке;

\bar{P} – среднее значение мощности дозы на контролируемой территории. Было получено значение $R^2 = 0,993$, что свидетельствует в пользу надежности применяемой модели. При этом стандартная ошибка регрессии (2) составляет $S = 0,137$ мкР/час.

Выводы. Предлагаемая регрессионная 3d-модель радиационного мониторинга местности в режиме реального времени позволяет:

1. Быстро и надежно определять поле мощности экспозиционной дозы над контролируемой территорией на основании показаний сенсорных датчиков.

2. Визуализовать результаты в виде поверхностей уровня мощности дозы и выполнить их картографическую привязку к реальной местности.

3. Экстраполировать результаты мониторинга за границы контролируемой территории.

4. Применить используемые алгоритмы для мониторинга любого другого вида загрязнения воздушной среды над контролируемой территорией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремеев И. С. Автоматизированные системы радиационного мониторинга окружающей среды / И. С. Еремеев – К.: Наукова думка, 1990. – 256 с.
2. Некос В. Ю. Методи і алгоритми визначення радіаційного стану довкілля/ В. Ю.Некос, М. М.Пеліхатий, І. П. Юшманова //Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2008. – №1–2. – С. 90–97.
3. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в режиме реального времени/ Некос В. Е., Гетманец О. М., Пелихатый Н.М. [та ін.] // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. – № 2 (13). –С. 7–13.

Надійшла до редколегії 15.03.2010